

심뇌혈관센터의 방사선 선량관리 시스템구축에 관한 연구

윤영욱¹ · 김남현^{1*} · 김정수^{2,4} · 김정민² · 권순무^{3,4} · 박헌식^{5,6} · 양동헌^{5,6}

¹연세대학교 의과대학 의용전자공학과

²고려대학교 보건과학대학 방사선과학과

³대구가톨릭대학교 의료과학대학 방사선학과

⁴경산1대학교 방사선학과

⁵경북대학교 의과대학 순환기내과학교실

⁶경북대학교 의과대학 심뇌혈관센터

The Study of Heart & Brain Attack Center Radiation Dose Monitoring by DICOM Data in Korean Hospital

Young Wook Yoon¹, Nam Hyun Kim^{1*}, Jung Su Kim^{2,4}, Jung Min Kim²,
Soon Mu Kwon^{3,4}, Hun Sik Park^{5,6}, Dong Heon Yang^{5,6}

¹Department of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

²Department of Radiologic Science, College of Health Science, Korea University, Seoul, Korea

³Department of Radiologic Science, College of Medical Science, Catholic University of Daegu, Daegu, Korea

⁴Department of Radiologic Technology, Gyeongsan University College, Daegu, Korea

⁵Department of Internal Medicine, Kyungpook National University School of Medicine, Daegu, Korea

⁶Department of Heart & Brain Attack Center, Kyungpook National University Hospital, Daegu, Korea

= Abstract =

Digital cardiovascular angiography is a medical examination in use of digital angiography equipment occupying biggest portion of radiation dose among the examination performed at Heart & Brain Attack Center. However, the information related to the radiation dose is neither monitored nor recorded systematically. As a result, Korea Food and Drug Administration is undertaking a study regarding the radiation dose from the interventional radiological procedure in 2012. This research will report the construction of radiation dose monitoring system using Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) data and relevant experiences at Heart & Brain Attack Center of University hospitals in Korea.

Key words: DIOCM MPPS, Radiation dose monitoring, Heart & Brain attack center,
Quality assurance, Order communication system

서 론

디지털 방사선 영상기술은 환자 방사선 피폭으로 인한 잠재적 위험을 감소 시키고, 영상의 활용성을 증가 시킨다. 하지만 사용자의 잘못된 정보와 부정확한 경험으로 인해 아날로그 시스템에 비해 불필요한 피폭을 증가시킬 수 있다는 우려가 제기되었다. 이미 ICRP 93에서는 디지털 혈관 조영 시스템에서 영상을 얻고 삭제하기가 용의함으로 임상 사용자로 하여금 다수의 영상을 얻도록 하는 경향이 있고 이로 인해 임상에서 필요 이상의 과다 피폭이 발생할 우려가 있음을 지적 하였다 [1]. 이에 한국의 KFDA에서는 2012년 연구 용역과제로 중재적 방사선 기술에서의 환자 피폭 선량에 대한 진단 참조 준위를 제정하기 위한 작업을 진행하고 있다.

심뇌혈관 조영술과 중재적 기술은 위급한 심혈관 질환의 환자를 진단하고 치료하는데 있어 필수적인 검사와 시술로 그 중요성 및 시술빈도는 계속 증가 하고 있다. 중재적 방사선 기술은 진단 방사선 영역에서 Computed Tomography(CT) 다음으로 환자에게 많은 방사선 피폭을 유발하는 검사이다. 이에 미국의 식품의약품안전청(Food and Drug Administration: FDA)에서는 2006년 이후 생산 되는 방사선 투시장비에서는 환자의 선량을 모니터링 하기 위한 장치를 부착 하도록 하고 있다 [2].

이러한 장비에서는 환자의 검사 중 발생 되는 면적 선량곱(dose area product, DAP), 총 투시시간, 누적 선량값과 같은 정보를 DICOM 영상과 더불어 기록 하도록 하고 있다. 면적 선량계를 이용한 면적 선량곱은 환자의 방사선 상해를 예측하고 확률적인 방사선 효과를 예측하는 중요한 지표로 사용이 가능하다 [3].

한국의 경우 중재적 방사선 기술의 모니터링을 위한 별도의 시스템 구축 사례는 보고 되지 않았고 더군다나 심장 혈관 분양의 중재적 기술에서는 환자 피폭 선량에 관한 데이터는 보고 되지 않고 있다.

Medical Radiation Injury

International Commission on Radiological Protection(ICRP)에서는 ICRP Publication 85에서 이미 중재적 방사선기술의 위험에 대해 경고한바 있고 ICRP Publication 103을 발간하여 중재적 방사선기술의 피부 장해를 방지를 위한 권고안을 마련하여 환자와 시술자의 방사선 위험을 최소화하기 위한 노력을 하고 있다. 많은 선행 연구에서

관상동맥 중재적 기술의 방사선 투시와 방사선 영화 촬영에 의해 발생하는 방사선 조사가 피부선량의 한계를 넘어서는 것으로 보고 되고 있다.(피부허용 선량한도 피부부종 2~6 Gy, 탈모 3 Gy, 조직괴사 18 Gy) [4, 5] 이러한 방사선 상해는 중재적 방사선 기술 중 조사되는 방사선 투시 시간과 총 촬영에서 발생하는 면적 선량곱(Dose Area Product: DAP)에 밀접한 관계를 가진다. 그러므로 방사선 상해의 평가를 위해서는 중재적 방사선기술이 이루어지는 동안 조사된 총 투시시간과 면적 선량곱의 기록이 매우 중요하다.

의료 방사선 상해는 일시적 또는 영구적인 인체 조직의 회복 불능 상태를 야기하기도 하는데 Titus R. Koenig의 연구에서는 심혈관 조영술과 관상동맥 중재기술로 인해 발생한 13 case의 구체적인 사례에 관해서 보고 하고 있다 [6]. 이 사례에는 환자의 성별과 나이, 검사명칭, 피부 상해 위치, 임상적 소견에 관해 자세히 설명하고 있다.

Radiation Dose Monitoring

심혈관 센터의 중재적 방사선 기술에서 발생하는 환자의 방사선 피폭은 몇 가지 형태로 정의 된다. 이것은 total fluoroscopy time, peak skin dose, reference dose, DAP 같은 형태로 측정 된다. 이러한 각각의 측정 방법들은 다른 양상의 값들을 나타낸다. total fluoroscopy time은 중재적 방사선 기술을 하는 동안의 총 방사선 투시시간의 길이이다. 총 방사선 투시시간 값을 측정하는 것은 매우 간단하다. 미국의 식품의약품안전청에서는 수년 전부터 판매되는 모든 혈관 조영 장비에 투시 시간을 기록하도록 하고 있다 [3]. 또한 2006년 6월10일 이후에 미국 내에 판매되는 모든 혈관 조영 장비는 air kerma rate와 cumulative air kermar와 같은 reference dose 를 측정, 표시, 기록 하도록 요구하고 있다 [11]. 이러한 cumulative dose는 환자에 대한 방사선으로부터의 결정론적 위험을 평가하는 좋은 지표이다 [10]. Dose-area product (DAP) 또한 Kerma-air product (KAP)와 동일하게 해석 된다. 이는 혈관 조영 장비로부터 환자에게 입사된 총 방사선 양을 의미한다. DAP 값은 혈관 조영 장비에 collimator 앞에 부착된 ionization chamber를 통해 측정 되고 이 측정치는 DCIOM 정보를 통해 전송 된다. 유럽에서 DAP는 중재적 방사선 기술이 이루어지는 동안의 환자의 방사선 피폭 선량의 비교하는 표준으로 사용 된다 [12].

DICOM MPPS

현재 사용 되고 있는 DICOM3.0은 1993년 미국 영상 의학 회(American College of Radiology; ACR)와 북미 전기전자 협회(National Electrical Manufacturer Association: NEMA)에 의해 발표된 후 workflow 문제를 해결하기 위해 1995년과 1998년에 Digital Imaging and Communications in Medicine Modality Worklist (DICOM MWL)과 Digital Imaging and Communications in Medicine Modality Performed Procedure Step (DICOM MPPS)의 내용이 추가 되었다. DICOM MPPS는 방사선 영상장비에서 시행 되는 방사선 검사의 시작과 끝에 관한 정보를 네트워크를 통하여 의료영상 전송 시스템(Picture Archiving and Communication System: PACS)이나 방사선 정보시스템(Radiology Information System: RIS)으로 전송하는 프로토콜을 의미한다 [7].

DICOM MPPS에는 환자의 이름과 나이 성별과 같은 환자 정보, Accession number, Study instance UID와 같은 처방 정보, Performed station, Performed start date and time, Performed end date and time, Performed procedure, Status, Discontinuation reason와 같은 MPPS 정보, Operator's name, References to the results와 같은 결과 정보, Anatomic region, time of exposure, Dose of exposure와 같은 방사선 피폭 관련 정보 등 여러 가지 정보를 포함하고 있다 [9]. 하지만 한국의 경우 외국과 달리 Integrating the Healthcare Enterprise(IHE)에서 규정하는 RIS를 사용하지 않고 각 병원의 상황에 맞게 구성된 Order Communication System (OCS)를 사용하기에 이러한 DICOM MPPS를 따로 기록하거나 보관하지 않는다.

Order Communication System

한국의 경우 1990년도부터 도입 되기 시작한 Order Communication System(OCS)를 사용하고 있는데 이는 각 병원의 특성에 맞게 병원 별로 다른 시스템을 사용하고 있다 [8]. OCS의 경우 DICOM MWL과 DICOM MPPS가 정의 되기 이전의 시스템으로 특별한 표준을 따르지 않고 있다. OCS의 구성은 의사의 처방을 전달하고 수가를 적용하는 것에 중점을 두고 있기 때문에 MPPS와 같은 정보를 활용하거나 저장하지 않는다. 그러므로 현재까지는 OCS를 통한 DICOM MPPS 정보의 활용을 구축한 사례는 보고 되지 않았다.

중재적 시술의 Workflow

과거 심뇌혈관 센터의 중재적 시술의 경우 대부분의 병원에서 시술 전에 처방을 입력하는 선 처방 검사를 시행하지 않고 검사가 종료된 후에 OCS에 처방을 입력하는 후 처방의 형태로 이루어져 왔다. 이러한 시술 후 처방은 중재적 시술의 특성과 MWL을 지원하지 않았던 OCS의 단점과 어우러져 MPPS의 사용을 막는 큰 이유로 작용했다. 하지만 심뇌혈관 센터에 심혈관 정보 시스템 (Cardio Vascular Information System; CVIS)과 심혈관 의료영상 전송 시스템 (Cardio Vascular PACS; CV PACS)이 함께 도입 되면서 IHE 규정에 맞는 형태로 변경 되었다. 한국의 경우 다수의 의료기관이 사용하고 있는 PACS와 전자의무기록 (electronic medical record; EMR)에서 DICOM3.0이 정의한 DICOM MPPS를 기록하거나 저장하지는 않고 있다. 국내 의료기관의 경우 대부분이 OCS를 사용하고 있기 때문에 IHE에서 권고한 workflow에 따라 DICOM MPPS를 사용하기 위해서는 표준 통신 프로토콜이 필요하다. 이에 본 사례에서는 OCS의 처방 데이터 베이스와 CVIS와의 처방 정보 연동을 위해 1994년에 American National Standards Institute (ANSI)에 의해

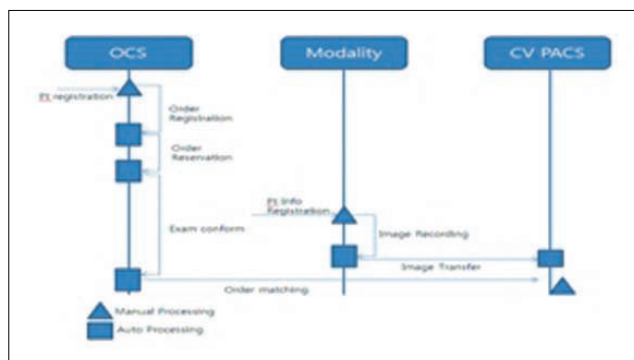


Fig. 1. Legacy cardiovascular angio exam workflow.

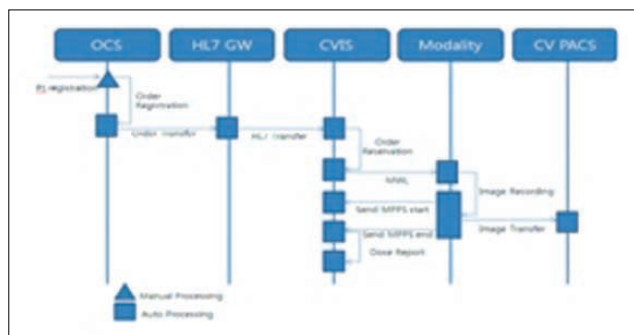


Fig. 2. DICOM MPPS cardiovascular angio exam workflow.

표준으로 지정된 Health Level Seven(HL7)으로 변환하는 HL7 변환기를 사용하였다.

심뇌혈관 조영 검사의 진단을 위한 혈관 조영술의 결과에 따라 연속되는 중재적 시술이 이루어질지 또는 검사가 종료될지가 결정이 된다. 따라서 처방 정보를 미리 OCS에 입력하여 DICOM MWL를 검사 장비로 전송하기에는 어려움이 있다. 그래서 과거의 심혈관 센터 workflow에는 검사 장비에 대한 환자정보의 입력, PACS에서 처방 정보와 검사 영상의 매칭, 검사 중 사용된 검사 재료의 입력과 같은 많은 부분에서 수작업을 필요로 했다 (Fig. 1). 이것 때문에 디지털화된 병원의 환경에서 가장 늦게 전산화가 이루어지곤 한다.

System Configuration

본 사례에서 소개하고자 하는 심뇌혈관 센터는 2010년 대한민국 정부로부터 지정된 권역 별 심뇌혈관센터로 심혈관 정보 시스템과 Cardiac PACS 가 구축이 되었다. 하지만 OCS와의 연동 문제와 전자의무 기록과의 연동 문제로 cardiac information system 으로부터 검사 장비로의 DICOM MWL 연동을 사용하지 않았다. 이후 2011년 전자 의무기록의 구축과 더불어 DICOM MPPS의 연동이 가능한 cardiac information system의 사용이 가능하게 되었다. 구축된 심혈관 정보 시스템에서는 MPPS기반의 방사선 피폭 모니터링 시스템을 구축하였다.(Centricity CARDDAS, GE Healthcare, US) 구축에 사용된 cardiac information system의 구성도는 Figure 3 과 같다.

MPPS를 발생시키는 Modality는 INOVA2000 (GE Healthcare Milwaukee US) 혈관 조영 장비로 2006년부터 설치 가동 되었다. 구축 된 시스템에서는 심혈관 조영술이 종료됨과 동시에 검사에 대한 MPPS 정보를 cardiac informa-

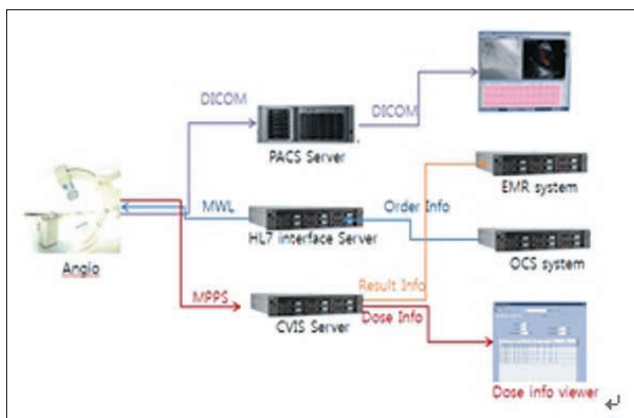


Fig. 3. Dose quality monitoring system configuration.

Computed Tomography 1.0.0

Ex. No. Ex. Name

Exam Time min
Exam Frame DAP Gy/m²
Exam Total DAP Gy/m²

Run	Time	Frames	Frame/s	Rate	kV	mA	ms	mAs	SAI/LAC/RAI/CAI	SD	FOV
1	00:03	82	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
2	00:03	86	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
3	00:03	83	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
4	00:03	81	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
5	00:03	76	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
6	00:03	79	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103
7	00:03	78	16.0	FR	80	785	5	7	30	19	103

Fig. 4. Radiation dose quality monitoring viewer.

tion system으로 전송하여 데이터 베이스에 기록하고 기록된 데이터는 viewer를 통해 확인하도록 하였다 (Fig. 4).

구축된 시스템에서는 검사에서 발생한 총 투시시간, 총 DAP 값, 방사선 촬영에서 발생한 DAP 값, 총 투시 DAP 값에 대한 정보를 표시하고, 각 run에 대한 촬영 시간, 영상의 전체 frame 수, 조사 방향, 촬영 관전압, 관전류, mAs, X-선관의 촬영각도, field of view의 정보를 제공한다.

결 과

2012년 3월 31일부터 2012년 7월 22일까지 한국의 한 심뇌혈관 센터에서 시행된 285건의 중재적 방사선시술을 포함한 심뇌혈관 조영술에 대한 환자 피폭 선량과 관련된 데이터가 수집 되었다. 전체 시행 검사 285건에 대한 총 투시 시간의 평균은 741 sec이고 총 DAP의 평균은 145 Gy. cm^2 로 평가되었고, 전체 방사선 투시 중 발생한 DAP의 평균은 55 $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$, 총 방사선 촬영 중 발생한 DAP는 90 $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$ 로 평가되었다. 이러한 수치는 2009년 Michael S. Stecker 등이 Guidelines for Patient Radiation Dose Management 에서 제시한 Radiation Monitoring Dose Notification Thresholds에는 미치지 못하는 2번의 연속된 시술이 이루어 질 경우 First Notification에 근접하는 수치를 보여 주고 있고 [10], 유럽의 DIMOND에서 제시한 관상 동맥 성형술의 dose reference level 인 75 Gy. cm^2 보다는 높음 수치를 보여 주고 있다 [13].

결 론

심뇌혈관 센터의 업무 흐름에서 많은 부분을 수기로 행해 지

고 있었기 때문에 DICOM에서 정의한 DICOM MPPS의 활용이 불가능했다. 하지만 이번 사례에서는 full DICOM MWL를 지원하는 DICOM MPPS에 의해 환자의 방사선 피폭 선량과 관련된 정보를 기록 보관함으로써 cardio vascular center의 Patient dose quality monitoring이 가능해졌다. 또한 기록된 정보는 시술이 종료된 이후 임상 의사에 의해 review 되도록 하여 다량의 방사선 조사로 인해 발생하는 radiation skin injury와 같은 임상적 징후를 미리 예측하고 평가하는 데 유용한 자료로 사용이 된다.

향후 연구 방향

새로이 제작되는 혈관 조영 장비는 dose SR의 정보를 통해 환자의 피폭 선량을 제공하고 있다. 이에 연속된 연구에서는 dose SR을 이용한 환자의 방사선 피폭 선량 quality monitoring system에 대한 연구와 한국에서 quality monitoring system을 이용한 Diagnostic Reference level 제정과 같은 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. International Commission on Radiological Protection. Managing Patient Dose in Digital Radiology. Vol. 34. Ann ICRP, 2004; 1-74. (ICRP Publication; 93)
2. Conference of Radiation Control Directors, Inc. Technical White Paper: Monitoring and Tracking of Fluoroscopic Dose. December 2010 (CRCPD Publication #E-10-7)
3. John W. Jaco, Donald L. Miller. Measuring and Monitoring Radiation Dose During Fluoroscopically Guided Procedures.

- Techniques in Vascular and Interventional Radiology. 2010;13:188-193
4. ICRP, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures, ICRP Publication 85, 2000.
5. International Atomic Energy Agency, Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Ray. Safety Report Series No39, Vienna 2006.
6. Titus R. Koenig, Detlev Wolff, Fred A. Mettler, Louis K. Wagner. Skin Injuries from Fluoroscopically Guided Procedures: Part 1, Characteristics of Radiation Injury. AJR 2001;177:3-11
7. Rita Noumeir, Benefits of the DICOM Modality Performed Procedure Step, Journal of Digital Imaging 2005;18:261
8. Korean Society of PACS Technology & Korean Society of Medical Imaging Technology. Text Book of PACS & Digital Image. 2nd edition. 2007 Page 199
9. Vano E, Padovani R, Neofotistou V, Tsapaki V, Kottou S, Ten JJ, Fernandez JM, Faulkner K: Improving patient dose management using DICOM header information. The European SENTINEL experience. Proceedings of the International Special Topic Conference on Information Technology in Biomedicine. Available at <http://medlab.cs.uoi.gr/itab2006/proceedings/Medical%20Imaging/149.pdf>, Accessed 19 July 2010.
10. Stecker MS, Balter S, Towbin RB, et al. Guidelines for patient radiation dose management. J Vasc Interv Radiol 2009;20:S263-S273
11. Electronic products; performance standard for diagnostic X-ray systems and their major components; final rule. Fed Regist 2005;70:111:33998-34042
12. Vano E, Järvinen H, Kosunen A, et al. Patient dose in interventional radiology: A European survey. Radiat Prot Dosim 2008;129:39-45
13. Neofotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, Kottou S, Tsapaki V, Willis S, Bernadi G, Faulkner K. Preliminary reference levels in interventional cardiology. Eur Radiol 2003;13:2259-2263

대한의학영상정보학회지 2012; 18: 13-17

= 초 록 =

디지털 심뇌혈관 조영술은 디지털 혈관 조영 장비를 이용한 검사로, 심뇌혈관 센터에서 이루어지는 검사 중에서 환자의 방사선 피폭이 가장 많은 검사이다. 하지만 여기에서 발생하는 환자의 방사선 피폭과 관련되는 정보는 모니터링되거나 기록되지 않고 있다. 이에 한국의 식품의약품안전청(Korea Food and Drug Administration: KFDA)에서는 2012년 중재적 방사선 시술에서 발생하는 환자의 피폭 선량과 관련된 연구를 진행 하고 있다. 이에 본 연구에서는 대한민국 소재 대학병원의 심뇌혈관 센터에서 Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM) 정보를 이용한 환자 방사선 피폭 선량 모니터링 시스템 구축과 관련된 경험을 보고한다.